

(9) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 41 03 082 A 1

(51) Int. Cl. 5:

B 21 D 26/02

B 21 D 51/02

(71) Anmelder:

H.D. Eichelberg & Co GmbH, 5750 Menden, DE

(74) Vertreter:

Ostriga, H., Dipl.-Ing.; Sonnet, B., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 5600 Wuppertal

(72) Erfinder:

Kaiser, Wilhelm, 5768 Sundern, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum hydrostatischen Umformen von Hohlkörpern aus kaltumformbarem Metall und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

(57) Bei einem Verfahren zum hydrostatischen Umformen von Hohlkörpern aus kaltumformbarem Metall und bei einer diesbezüglichen Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wird innerhalb einer Formhöhlung eines Gesenks Druckflüssigkeit von außen in den Hohlkörper eingespeist. Hierbei wird in einem Verformungsbereich des Hohlkörpers die Hohlkörperwand unter Relativbewegung zur Formhöhlung an deren Gravur angedrückt. Der Hohlkörper wird außerhalb des Verformungsbereichs an mindestens einem Haltebereich gehalten.

Eine große Formenvielfalt ist selbst bei dünnwandigen Hohlkörpern durch eine Ausgestaltung des Verfahrens dadurch möglich geworden, daß der Hohlkörper an jedem Haltebereich im wesentlichen axialkraftfrei schwimmend gehalten und die Hohlkörperwand nur durch die Druckflüssigkeit relativ zum Gesenk bewegt, insbesondere in dieses hineingezogen, wird.

DE 41 03 082 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 41 03 082 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum hydrostatischen Umformen von Hohlkörpern aus kaltumformbarem Metall innerhalb einer Formhöhlung eines Gesenks, wobei Druckflüssigkeit von außen in den Hohlkörper eingespeist und hierbei in einem Verformungsbereich des Hohlkörpers die Hohlkörperwand unter Relativbewegung zur Formhöhlung an deren Gravur angedrückt wird und wobei der Hohlkörper außerhalb des Verformungsbereichs an mindestens einem Haltebereich gehalten wird.

Entsprechend dem vorbezeichneten bekannten Verfahren (s. Industrie-Anzeiger Nr. 20 vom 9.3.1984 / 106. Jg. S. 16 und 17) werden rohrförmige Hohlteile aus kaltumformbarem Metall, z. B. aus 16 MnCr 5, unter Zufuhr hohen, hydrostatisch erzeugten Innendrucks verformt. Zu dem hohen hydrostatischen Innendruck tritt gesondert ein axialer Druck hinzu, der auf die Rohrstirnflächen einwirkt. Jener Axialdruck und die gleichzeitige Wirkung des inneren Drucks haben zur Folge, daß sich die Hohlkörperwand an die Gravur der Form bzw. des Gesenks anlegt.

In der Praxis ist dies so, daß ein gerades Rohr in die Formteilungsebene zwischen Ober- und Untergesenk eingelegt und das Gesenk zugestellt wird. Zwischen Ober- und Untergesenk bleibt aber genügend Raum für zwei diametral gegenüberliegend koaxial zueinander angeordnete horizontal liegende Preßstempel, deren freie Stirnflächen das mit den Preßstempeln fluchtende, zu verformende Rohrstück zwischen sich aufnehmen. Es erfolgt sodann die Umformung durch Einführen von Druckflüssigkeit in den Rohrrinnenraum bei gleichzeitiger Anwendung des Axialdrucks, wobei die beiden Preßstempel aufeinander zu bewegt werden.

Mit der bekannten hydrostatischen Umformung können Formteile mit gleichmäßiger Formgebung über den Umfang, Formteile mit sektoriellem Umformung und schließlich gleichmäßige und sektorelle Umformung miteinander kombinierende Formteile erzeugt werden.

Der Vorzug derart erzeugter Hohlteile besteht zum einen darin, daß – wie z. B. beim Kokillenguß – unterschiedene Innen-Hohlräume erzeugt werden können, welche spangebend entweder nicht oder nur mit komplizierten Werkzeugen (z. B. durch Funkenerosion) gefertigt werden können. Zudem sind die bekannten Hohlteile – im Unterschied zu spangebend erzeugten Hohlteilen – verhältnismäßig leicht und infolge der mit der Umformung einhergehenden Kaltverfestigung bei günstigem Faserverlauf, der dem einer Schmiedefaser ähnlich ist, sehr widerstandsfähig.

Indes wird das bekannte Innenhochdruck-Umformverfahren als nachteilig empfunden, weil eine gewisse Mindestdicke der Hohlkörperwand nicht unterschritten werden kann. Dies liegt im wesentlichen daran, daß der zu verformende Rohrkörper zur Aufnahme des auf seine Stirnflächen einwirkenden relativ hohen Axialdrucks angemessen formstief ausgebildet sein muß, was nur über den Weg einer hinreichenden Wanddicke zu bewerkstelligen ist.

Außerdem ist das bekannte Innenhochdruck-Umformverfahren immer nur auf Teile beschränkt, bei welchen die Kraftwirkungsgeraden zur Einleitung der Axialkräfte, also Preßstempel und Längsmittelachse des Rohres, exakt koinzidieren. Auf diese Weise können höchstens seitliche sektorelle Ausstülpungen zur Herstellung z. B. von Kreuzstücken oder T-Stücken erzeugt werden. Hierbei verläuft die Längsachse der jeweils in

Anpassung an die Gesenk-Gravur sektoriel erzeugten Ausstülzung quer zur gemeinsamen Kraftwirkungsgeraden der Preßstempel und des Rohres (s. "Industrie-Anzeiger" a.a.O. S.17 Bild 4 und 8).

Mit dem bekannten Innenhochdruck-Umformverfahren ist demnach bereits eine gewisse Anzahl von Formen zu erzeugen, welche aber stets an die Rahmenbedingung einer gemeinsamen Kraftwirkungsgeraden der Preßstempel und des zu verformenden Rohres, also an eine grundsätzlich gerade Grundform, gebunden ist.

Ausgehend von dem eingangs erwähnten und vorbeschriebenen bekannten gattungsgemäßen Verfahren zum hydrostatischen Umformen (s. "Industrie-Anzeiger" a.a.O.), liegt dieser Erfindung die Aufgabe zugrunde, das bekannte Verfahren so umzugestalten, daß sich auch dünnwandigere und gegebenenfalls von einer geraden Grundform abweichende Hohlteile in wesentlich größerer Formenvielfalt als bisher hydrostatisch umformen lassen. Diese Aufgabe wird entsprechend der Erfindung dadurch gelöst, daß der Hohlkörper an jedem Haltebereich im wesentlichen axialkraftfrei schwimmend gehalten und die Hohlkörperwand nur durch die Druckflüssigkeit relativ zum Gesenk bewegt, insbesondere in dieses hineingezogen, wird.

Während beim Umformvorgang des bekannten Verfahrens (s. "Industrie-Anzeiger" a.a.O.) die Bewegung des Hohlkörpers relativ zur Formhöhlung bei gleichzeitigem Wirken von gesondertem Axialdruck und gesondertem inneren Druck erzeugt wird, geschieht dies entsprechend der Erfindung allein durch die Wirkung der Druckflüssigkeit auf dem Weg einer Streckverformung. Unter der Bewegung der Hohlkörperwand relativ zum Gesenk soll dabei jede Bewegung eines beliebigen Punktes der Hohlkörperwand relativ zur Gravur der Formhöhlung verstanden werden.

Die erfindungsgemäße hydrostatische Umformung ist dadurch möglich geworden, daß der Hohlkörper an jedem Haltebereich im wesentlichen axialkraftfrei schwimmend gehalten wird. Unter dieser Voraussetzung kann sich das erfindungsgemäße Verfahren im Unterschied zum bekannten Verfahren (s. "Industrie-Anzeiger" a.a.O.) von einer die Formenvielfalt bislang eingengenden Kraftwirkungsgeraden lösen, so daß nicht nur Hohlkörper gerader Grundform, sondern Hohlkörper mit beliebig gekrümmter verwickelter Gestalt hergestellt werden können.

Der selbstdärtige Ausgleich der Restwandstärke zwischen Außen- und Innenbogen eines vorgebogenen Rohr-Rohlings erfolgt dadurch, daß der hydrostatische Druck, bedingt durch die größere Wirkfläche im Außenbogen, dazu führt, daß sich der Rohling zuerst im Bereich des Außenbogens an die Gravur anlegt. Die dicke Wand des Innenbogens wird sodann, bedingt durch den im zeitlichen Verlauf höheren Druck, an die dem Innenbogen gegenüberliegende Gravur gepreßt. Dieses geschieht grundsätzlich derart, daß jeder Innenradius frei gewählt werden kann und gleichzeitig die Restwandstärke minimiert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet zudem gewissermaßen eine "Wanddickensteuerung". Dies wird erfindungsgemäß dadurch erzielt, daß an den Stellen, an denen eine Umformung, z. B. eine Verdünnung, der Hohlkörperwand erzeugt werden soll, gezielt ein Abstand zwischen der Außenfläche der Hohlkörperwand und der Innenfläche der Gravur belassen wird, wobei der Abstand im wesentlichen proportional dem zu erzielenden Verformungsgrad bemessen wird. Die Erfindung stellt demnach die während des Umformvorgangs

ges auftretende Bewegung der Hohlkörperwand relativ zum Gesenk bewußt in eine Abhängigkeit zur gewünschten Dicke der Hohlkörperwand.

Eine andere Weiterentwicklung der erfundungsgemäßen Lehre besteht entsprechend weiteren Merkmalen der Erfindung darin, daß an mindestens einem ausgewählten Bereich des Hohlkörpers zeitlich vor dessen hydrostatischer Umformung eine Einfallstelle seiner Hohlkörperwand erzeugt wird. Dies kann je nach Artikelgestaltung beispielsweise bedeuten, daß nach vollendetem Umformen die Hohlkörperwand im Bereich ihrer zuvor vorhandenen Einfallstelle im wesentlichen unverändert dick ist, weil nur eine Glättung der Hohlkörperwand — also eine Beseitigung der Einfallstelle — eintritt, während die Wanddicke benachbarter Wandbereiche wegen ihres Abstandes zur Gravur verringert wird.

Ergänzt sei noch, daß die vorerwähnte Einfallstelle der Hohlkörperwand auf beliebige Weise, zweckmäßig durch äußere mechanische Kräfte, erzeugt werden kann.

Eine besonders wichtige Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß zur Erzielung eines gekrümmten Verlaufs des Hohlkörpers dieser vor der hydrostatischen Umformung zunächst unter Anwendung mechanischer Kräfte, insbesondere äußerer mechanischer Kräfte, gekrümmmt, z. B. gebogen od. dgl., wird. Dieser Ausgestaltung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich grobe gekrümmte Grundformen mit einfachen mechanischen Mitteln wirtschaftlicher herstellen lassen als mit der hydrostatischen Umformung.

Wenn demnach der fertig umgeformte Hohlkörper beispielsweise eine S-förmige Grundform aufweisen soll, so wird diese gemäß der vorbeschriebenen Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens nicht hydrostatisch, sondern mit verhältnismäßig einfachen Vorrichtungen, beispielsweise mit einem mechanischen Rohrbieger erzeugt. Im Anschluß an die durch äußere mechanische Kräfte erzeugte Umbildung des Hohlkörpers wird dieser in das Gesenk hineingegeben und dort hydrostatisch umgeformt. Die durch das vorherige Biegen erzeugten Einfallstellen am Rohraußbogen werden bei der hydrostatischen Umformung völlig geglättet. Die Einfallstellen am Rohraußbogen werden bei Bedarf sogar besonders tief ausgebildet, weil durch eine solche Verlagerung der hauptsächlichen Verformungsarbeit in den Rohraußbogen hinein zugleich Biegefalten am Rohrinnenbogen vermieden werden.

Grundsätzlich sieht die Erfindung vor, daß der Hohlkörper in mehreren aufeinanderfolgend ansteigenden Druckbereichen bzw. Druckstufen der Druckflüssigkeit hydrostatisch umgeformt wird.

In diesem Zusammenhang bietet die Erfindung eine Ausgestaltung, deren eine Möglichkeit darin besteht, daß der Übergang von einem Druckbereich bzw. von einer Druckstufe zur nächsthöheren in unmittelbarer zeitlicher Aufeinanderfolge im wesentlichen übergangslos durchgeführt und daß diese Umformung in demselben Gesenk vorgenommen wird. Die übergangslose Aufeinanderfolge von einem Druckbereich bzw. von einer Druckstufe zur nächsthöheren ist wichtig, weil bei einem ansonsten eintretenden Stillstand der Verformung sich die Vielzahl der kaltumformbaren Metalle sogleich kaltverfestigt, so daß — jedenfalls ohne zusätzliche Maßnahmen — keine weitere Umformung des Hohlkörpers vorgenommen werden könnte.

Wenn auf dem Weg der hydrostatischen Umformung Hohlkörper hergestellt werden sollen, die einen sehr

großen Umformungsgrad erfordern, so erfolgt die stets mit einer Aufweitung verbundene hydrostatische Umformung entsprechend einer anderen Möglichkeit der Erfindung dadurch, daß die Umformung des Hohlkörpers in mehreren unterschiedlichen Gesenken vorgenommen wird, in denen die jeweilige hydrostatische Umformung über mindestens einen Druckbereich oder über mindestens eine Druckstufe der Druckflüssigkeit erfolgt.

10 Erfindungsgemäß erfolgt die hydrostatische Umformung in jedem Gesenk derart, daß vor Beginn der hydrostatischen Umformung die Druckflüssigkeit zunächst mit einem Fülldruck in den Hohlkörper hineingegeben und sodann eine Erhöhung des Flüssigkeitsdrucks auf einen Umformungsdruck erfolgt, dessen Druckhöhe ein Vielfaches des Fülldrucks beträgt.

Hierbei kann die Höhe des Umformungsdrucks etwa das 30- bis 50fache der Höhe des Fülldrucks betragen.

Ein wesentliches Ziel des erfundungsgemäßen Verfahrens besteht darin, Hohlkörper großer Fertigungidentität präzise herstellen zu können. Hierbei ist es wichtig, daß der Werkstoff während der Umformung auch bei etwaigen partiellen Werkstofftoleranzen stets genau und ohne Rückstellung an der Gravur der Formhöhlung anliegt. Um dies mit Sicherheit zu erreichen, sieht die Erfindung vor, daß der zur Umformung eines Hohlkörpers erforderliche Umformungsdruck durch einen Zusatzdruck erhöht ist. Die Erfindung arbeitet demnach mit einer Druckreserve. Wenn beispielsweise zur Umformung eines Hohlkörpers an sich ein Umformungsdruck von 1350 Bar genügen würde, sieht die Erfindung eine Druckerhöhung auf beispielsweise 1500 Bar vor. Der Zusatzdruck in Höhe von 150 Bar gewährleistet, daß die Wand des Hohlkörpers stets gleichmäßig, satt und rückstellfrei an der Gravur der Formhöhlung anliegt.

40 Eine Besonderheit des erfundungsgemäßen Verfahrens besteht auch darin, daß während der hydrostatischen Umformung die zuvor im Hohlkörper befindliche Luft zugleich mittels der Druckflüssigkeit komprimiert wird, daß nach abgeschlossener Umformung die Druckversorgung für die Druckflüssigkeit abgeschaltet wird, worauf die komprimierte Luft entspannt und dadurch die Druckflüssigkeit aus dem Hohlkörper hinausgedrangt wird.

Wie bereits erwähnt, lassen sich innerhalb desselben Gesenks nur begrenzte Umformungsgrade erzielen, so daß bei größeren Umformungsgraden mehrere Gesenke erforderlich sind, in denen die Umformung fortlaufend stufenweise vorgenommen wird. Bei allen kaltumformbaren Metallen, die einer an sich wünschenswerten Kaltverfestigung nach jeder Verformungsstufe unterliegen, sieht die Erfindung vor, daß nach jeder abgeschlossenen Umformungsstufe, z. B. innerhalb eines gesonderten Gesenks, vor der nachfolgenden gesonderten Umformung im nächsten Gesenk eine Rekristallisation des Hohlkörpers durch Normalglühen erfolgt. Bei St 34 bzw. St 37 beträgt die Temperatur für ein Normalglühen bzw. für eine Normalisierung etwa 920–930°C.

65 Selbstverständlich bezieht die Erfindung zwischen zwei hydrostatischen Umformungsstufen auch eine rein mechanische Zwischenumformung für den Fall mit ein, daß die Grundform nach bereits erfolgter hydrostatischer Umformung zusätzlich in auffälliger Weise verändert werden müßte.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Eine solche vorteilhafte

Vorrichtung wird erfahrungsgemäß dadurch bereitgestellt, daß der Haltebereich des innerhalb des Gesenks aufgenommenen Hohlkörpers von einer Muffe druckdicht mit Schiebesitz umgriffen ist. Die druckdichte Aufnahme eines jeden hohlkörperseitigen Haltebereichs stellt sicher, daß der Hohlkörper insgesamt im wesentlichen axialkraftfrei gehalten ist. Diese axialkraftfreie Schiebesitzhaltung gewährleistet in besonders vorteilhafter Weise daß sich der hohlkörperseitige Verformungsbereich unter der Wirkung des hydrostatischen Innendrucks innerhalb des Gesenks nach Art einer Streckverformung sowohl axial als auch radial verformen und hierbei selbsttätig Werkstoff aus den Haltebereichen "nachziehen" kann.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

In den Zeichnungen sind das erfahrungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen im einzelnen dargelegt, hierbei zeigt,

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch eine Vorrichtung entsprechend einer ersten Ausführungsform,

Fig. 2 in Anlehnung an Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt einer zweiten Ausführungsform,

Fig. 3 einen teilweisen Längsschnitt entsprechend der mit III bezeichneten Einkreisung in Fig. 2 in vergrößerter Darstellung,

Fig. 4 mit Fig. 4a, Fig. 5 mit Fig. 5a und Fig. 6 mit Fig. 6a die Umformung eines 180°-Rohrkrümmers in einem Gesenk mit diesbezüglichen Querschnitten des Rohrkrümmers,

Fig. 7–9 die Umformung eines 90°-Rohrkrümmers,

Fig. 10 den gesamten Druckverlauf bei der Umformung eines Werkstückes und

Fig. 11 ein vergrößertes Detail entsprechend der in Fig. 10 mit XI bezeichneten Einkreisung.

In den Fig. 1 und 2 ist eine schematisch teilweise dargestellte hydrostatische Umformvorrichtung insgesamt mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet.

Die Umformvorrichtung 10 weist eine Presse 11 mit einem raumfesten Pressentisch 12 und einen hierzu entsprechend dem mit y bezeichneten Doppelpfeil auf – und abbewegliches Pressenoberteil 13 auf, an dessen Unterfläche ein Gesenkoberteil 14 eines Gesenks 16 bewegungseinheitlich befestigt ist. Das Gesenk 16 weist korrierend zum Gesenkoberteil (Obergesenk) 14 noch ein Gesenkunterteil (Untergesenk) 15 auf.

Eine Formhöhlungshälfte 18 des Obergesenks 14 und Formhöhlungshälfte 19 des Untergesenks 15 ergänzen sich insgesamt zu einer Formhöhlung 17. Die die Innenfläche der Formhöhlung 17, also die Gravur, bildende Fläche ist insgesamt mit der Bezugsziffer 20 bezeichnet.

Gemäß Fig. 1 ist das Gesenk 17 durch Abwärtsbewegung des Pressenoberteils 13 zugestellt. In der Formhöhlung 17 ist ein Rohr (rohrförmiger Hohlkörper) 21 aufgenommen, welches aus einem kaltumformbarem Metall, z. B. aus St 34 oder St 38 bzw. aus einem anderen geeigneten umformbarem Werkstoff besteht.

Das Rohr 21, im folgenden unabhängig von seinem Umformungsgrad stets als rohrförmiger Hohlkörper bezeichnet, ist beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 an seiner einen Endstirnseite mit einem Rohrboden 22 versehen, während andernends eine offene Stirnseite 23 vorhanden ist.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 weist der rohrförmige Hohlkörper 21 beidseitig offene Stirnseiten 23 auf.

Zur Beaufschlagung der rohrförmigen Hohlkörper 21 ist eine Einspeisungsmuffe 24 vorhanden, die als Detail in Fig. 3 vergrößert dargestellt ist.

Die Einspeisungsmuffe 24 ist entlang dem mit x bezeichneten Doppelpfeil translatorisch hin- und herbeweglich.

Wenn nun die Einspeisungsmuffe 24 so weit nach links verschoben wird, bis sie in einer gesenkseitigen Aufnahmehöhlung 25 satt aufgenommen ist, umgreift die Einspeisungsmuffe 24 den Haltebereich 26 des rohrförmigen Hohlkörpers 21 dichtend mit einer Nutringmanschette 27. Wenn dieser Zustand eingetreten ist, wird die Einspeisungsmuffe 24 bezüglich ihrer Bewegungsrichtung x blockiert, so daß Druckflüssigkeit von einer nicht dargestellten Druckflüssigkeitsquelle über die Zuleitungen 28, 29 in den Muffenhohlräum 30 eingeht und sodann über die jeweilige offene Stirnseite 23 in den rohrförmigen Hohlkörper hineingeleitet werden kann.

Unter der Wirkung der Druckflüssigkeit wird – wie im einzelnen weiter unten noch näher dargestellt – der rohrförmige Hohlkörper 21 so umgeformt, daß er sich unter plastischer Verformung an die Gravur 20 des Gesenks 16 anlegt und so die Kontur der Gravur annimmt.

Der rohrförmige Hohlkörper 21 ist gemäß den Fig. 1 und 2 mit gestrichelten Unterteilungen T gekennzeichnet, welche grundsätzlich unterscheiden sollen, daß der rohrförmige Hohlkörper 21 aus einem Haltebereich 26 und aus einem Verformungsbereich 31 besteht.

Da der rohrförmige Hohlkörper gemäß Fig. 1 an einer Endstirnseite mit dem Boden 22 versehen ist, ist folglich nur ein mit der Einspeisungsmuffe 24 kooperierender Haltebereich 26 vorgesehen, während bei einem beidseitig (bei 23) offenen rohrförmigen Hohlkörper 21 der Verformungsbereich 31 beidseitig durch Haltebereiche 26 entsprechend den gestrichelt dargestellten Trennlinien T begrenzt ist.

Entsprechend Fig. 2 werden vor der hydrostatischen Umformung mittels der Druckflüssigkeit beide Einspeisungsmuffen 24 im Gleichtakt aufeinander zu gefahren, worauf die Einleitung der Druckflüssigkeit über beide Einspeisungsmuffen 24 erfolgen kann. Grundsätzlich ist es auch möglich, beispielsweise anstelle der links in Fig. 2 dargestellten Einspeisungsmuffe 24 eine analog ausgebildete Blindmuffe vorzusehen, welche nach außen hin druckfest abgedichtet ist und daher mit ihrer Nutringmanschette 27 den links in Fig. 2 dargestellten Haltebereich 26 dichtend umgreifen und so in etwa wenigstens die Funktion des Rohrbodens 22 gemäß Fig. 1 übernehmen kann. Bis auf ihre druckfeste Abdichtung unterscheidet sich eine Blindmuffe 24 nicht von der Einspeisungsmuffe 24.

In Fig. 3 ist die Einspeisungsmuffe 24 deutlicher zu erkennen. Die Einspeisungsmuffe 24 weist einen Muffenkörper 32 mit Außengewinde 34 auf, welches mit dem Innengewinde 33 einer Überwurfmutter 35 zusammenwirkt. Die Überwurfmutter 35 ist mit einer Einführöffnung 36 versehen, welche von einer kegelstumpfförmigen Innenmantelfläche 37 begrenzt ist. In einer zwischen der Überwurfmutter 35 und dem Muffenkörper 32 gebildeten ringförmigen Innennut 38 ist die durchgehend ringförmige Nutringmanschette 27 aus begrenzt flexiblem Werkstoff, insbesondere aus weitestgehend formstabilem Kunststoff, eingesetzt. Die Nutringmanschette 27 weist eine rückwärts in Richtung Druckmitterversorgung offene Ringnut 40 auf, welche innenseitig von einer einstückig stoffschlüssig mit der Nutringmanschette 27 verbundenen Ringlippe 42 und außenseitig

von einer Ringlippe 41 begrenzt ist, welche ebenfalls einstückig stoffschlüssiger Bestandteil der Nutringmanschette 27 ist. Die Nutringmanschette 27 kann sich daher unter der Wirkung der Druckflüssigkeit selbsttätig spaltabdichtend verspreizen.

Zur Aufnahme des hohlkörperseitigen Haltebereichs 26 fährt die Einspeisungsmuffe 24 entlang der Richtung x nach links und bewegt sich über die strichpunktierter dargestellte Zwischenstellung weiter, bis die Überwurfmutter 35 insgesamt satt in der gesenkseitigen Aufnahmehöhlung 25 einliegt. Hierbei überfährt die Nutringmanschette 27 den Haltebereich 26. Sodann wird die Einspeisungsmuffe 24 bezüglich der Bewegungsrichtung x blockiert, worauf über 28, 29, 30, 23 ein Druckmittel (zweckmäßig eine wäßrige Emulsion, die für Hydraulikzwecke geeignet ist) in den Innenraum 43 des rohrförmigen Hohlkörpers 21 eingeleitet wird, wonach dessen aufweitende hydrostatische Verformung, die eine Streckverformung darstellt, erfolgt.

Es ist vorstellbar, daß die hydrostatische Verformung auch außerhalb des Gesenks bis in die trichterförmige Einführöffnung 36 hinein vorstatten geht, wodurch eine an letztere angeformte kegelstumpfförmige Aufwölbung 44 entsteht, wie sie etwa in den Fig. 6 sowie 8 und 9 dargestellt ist.

Für den Fall, daß — wie vorerwähnt — die Einspeisungsmuffe 24 als Blindmuffe ausgebildet sein soll, genügt es, den der Druckmittelquelle zugewandten hinteren Teil des Muffenhohlraums 30 geschlossen auszubilden, wie es rechts in Fig. 3 im Zusammenhang mit der Bezugsziffer 39 und dem gestrichelten Bezugspfeil angedeutet ist.

Die vorstehenden Erläuterungen sollen auch zeigen, daß die Muffen 24, seien sie als Blindmuffen oder als Einspeisungsmuffen ausgebildet, die Haltebereiche 26 zwar dichtend umschließen, dennoch aber eine Bewegung des rohrförmigen Hohlkörpers 21 relativ zur Muffe 24 zulassen. Diese Relativbewegung, die allein durch den hydrostatischen Umformdruck der Druckflüssigkeit initiiert wird, macht das erfindungsgemäße Verfahren unabhängig von einer externen axialen mechanischen Krafteinleitung z. B. mittels Preßstempel und gestattet daher dünnwandige Werkstücke 21 mit praktisch beliebig gekrümmter — und selbstverständlich auch gerader — Form.

Anhand der Fig. 4–6 mit zugehörigen Querschnitten 4a–6a soll die erfindungsgemäße hydrostatische Umformung im einzelnen erläutert werden, wobei sich analoge Vorgänge auch im Zusammenhang mit den Fig. 7–9 ergeben, was durch die Übernahme identischer Bezugsziffern für analoge Einzelheiten deutlich wird.

Der in Fig. 4 dargestellte rohrförmige Hohlkörper 21 ist mittels einer nicht gezeigten üblichen Rohr-Biegevorrichtung zu einem Rohrbogen von 180° gebogen. Die Rohrbiegevorrichtung kann beispielsweise entsprechend dem in der AT-PS 272 072 dargelegten Prinzip arbeiten.

Bei dem mechanischen Biegevorgang verhält sich das Rohr 21 entlang seiner neutralen Achse (Längsmittelachse) unterschiedlich. So entsteht im Innenwandbereich eine durch Stauchung bedingte Verdickung 45 und im Rohrwand-Außennbereich eine gewisse Verdünnung 46 der insgesamt mit 47 bezeichneten Hohlkörperwand. Im Rohraußennbereich (Rohraußbogen) resultiert aus der Biegung eine sich entlang der Rohrlängsrichtung erstreckende längsnutartige Einfallstelle 48.

Bei der Herstellung des Rohrbogens ist man bemüht,

nach Möglichkeit Fältelungen im Rohrrinnenbogen weitestgehend zu vermeiden.

In den Fig. 4–6 ist gezeigt, wie die hydrostatische Umformung geschieht.

5 Dargestellt ist ein Teil des Untergesenks 15, welches eine Draufsicht auf die Gesenkeinteilungsebene E darstellt. Die Fläche der Gesenkeinteilungsebene ist zur besseren Hervorhebung mit einer Schrägschraffur gekennzeichnet.

10 Der Rohrbogen 21 wird gemäß Fig. 4 von oben in die untere Formhöhlungshälfte 19 hineingelegt. Sodann wird das Gesenk 16 analog zu den Darstellungen in den Fig. 1 und 2 zugestellt und zwei nicht dargestellte Einspeisungsmuffen 24 schieben sich über die beiden Haltebereiche 26 des Rohrbogens 21, dessen Stirnseiten 23 offen sind. Die beiden Einspeisungsmuffen 24, von denen eine eine Blindmuffe sein kann, werden sodann gegen Verschiebung blockiert. Die Anordnung ist nun bereit zur Einleitung der hydrostatischen Druckflüssigkeit.

15 20 Die Einleitung der hydrostatischen Druckflüssigkeit geschieht entsprechend dem in den Fig. 10 und 11 gezeichneten Druckverlauf. In Fig. 10 ist der im Innenraum 43 des zu verformenden rohrförmigen Hohlteils 21 wirkende Druck über der Zeit aufgetragen. Hierbei stellt Fig. 11 ein vergrößertes Detail der Druckverlaufskurve gemäß Fig. 10 dar.

25 Der Rohrbogen 21 gemäß Fig. 4 wird zunächst mit einem Fülldruck beaufschlagt, der gemäß Fig. 11 eine Druckhöhe von ca. 65 Bar erreicht. Während der Fülldruck-Phase beginnt der Rohrbogen 21 bereits, sich in Richtung A in die Formhöhlung 10 einzubewegen. Der Fülldruck wird in einem gesonderten Niederdruckteil erzeugt. Wie aus den Fig. 10 und 11 deutlich zu erkennen ist, wird der Fülldruck durch einen steil ansteigenden 30 Umformungsdruck (erzeugt in einem gesonderten Hochdruckteil) erhöht, dessen Maximum im vorliegenden Fall insgesamt bei etwa 1500 Bar liegt, grundsätzlich aber bis auf 3000 Bar und höher gesteigert werden kann.

35 40 45 Während der Erhöhung des Umformungsdrucks wird der Rohrbogen 21 gänzlich entlang der Richtung A in die Formhöhlung 17 hineingezogen, wobei sich zunächst die längsnutartige Einfallstelle 48 (s. Fig. 4a) zur Stelle 20 A der Gravur 20 nach außen bewegt. Dabei nimmt der Rohrquerschnitt etwa die in Fig. 5a dargestellte Gestalt an. Fig. 5 zeigt deutlich, daß sich die Rohrbogen-Außenseite bereits weitestgehend bei 20 A an die Gravur 20 angelegt hat. Auch in den Fig. 5 und 6 sind übrigens die gestrichelten Unterteilungen T eingetragen, welche in etwa die Haltebereiche 26 vom Verformungsbereich 31 des Rohrbogens 21 unterscheiden sollen.

50 Es muß hervorgehoben werden, daß die Fig. 4–6 den gesamten Umformungsvorgang nur stufenweise wiedergeben, der insgesamt kontinuierlich gleitend und ohne Stockung verläuft.

55 60 65 Der sich erhöhende Umformungsdruck sorgt schließlich dafür, daß die im Verformungsbereich 31 befindliche Rohrwand 47 sich insgesamt satt an die Gravur 20 anlegt, wobei eine Aufweitung des Rohres 21 unter gleichzeitiger Streckung der Rohrwand 47 erfolgt. Dies bedeutet, daß sich insbesondere die Verdickung 45, welche in den Fig. 5 und 5a noch deutlich zu erkennen ist, entgegen der Richtung A, und zwar in Richtung B, an den inneren Gravurbereich 20 B unter gleichzeitiger Streckverformung anlegt, während sich der Rohraußbogen insgesamt an der äußeren Kontur der Gravur 20, so auch bei 20 A, abstützt. Das so umgebildete Rohr 21 weist schließlich einen gleichmäßigen Ringquerschnitt entsprechend den Fig. 6 und 6a auf.

Im einzelnen betrachtet, geschieht bei der Umformung des Rohrbogens 21 folgendes: Bedingt durch die größere Wirkfläche im Außenbogenbereich, bewegt sich der Rohrbogen 21 zunächst in Richtung A in die Formhöhlung hinein und stützt sich hierbei am Gravurbereich 20 A ab. Der dickere Wandbereich 45 des Innenbogens wird sodann, bedingt durch den im zeitlichen Verlauf höheren Druck entsprechend den Fig. 10 und 11, an den dem Innenbogen (bei 45) gegenüberliegenden Gravurbereich 20 B gepreßt. Es wird also deutlich, daß insgesamt ein selbsttätiger Ausgleich der Restwandstärke der Hohlkörperwand 47 vorgenommen wird. Dieses geschieht grundsätzlich derart, daß jeder Innenradius (also im Bereich des Rohrinnenbogens s. ebenfalls Fig. 8 Pos. 49) frei gewählt und hierbei gleichzeitig die Restwandstärke minimiert werden kann.

Es ist vorstellbar, daß man durch gezielte Wahl der Abstände der jeweiligen Rohraußenwandfläche zum gegenüberliegenden Gravurbereich gewissermaßen eine Steuerung der Wanddicke über den Verformungsweg vornehmen kann. Jene Abstände sind beispielsweise in den Fig. 4 und 5 mit F und G bezeichnet.

Zu ergänzen bleibt noch, daß die Durchmesser der Haltbereiche 26 während der Umformung unverändert bleiben. Um einen gleichgestalteten Nutzen (nutzbares Werkstück) zu erhalten, würde man deshalb nach der Umformung die Haltbereiche 26 gemeinsam mit den kegelstumpfförmigen Aufwölbungen 44 etwa bei den gestrichelten Linien T abtrennen.

Beim beschriebenen Beispiel gemäß den Fig. 4–6 hätte ein maximaler Umformungsdruck von etwa 1350 Bar genügt. Um aber Unregelmäßigkeiten des Ausgangswerkstoffes, insbesondere gewisse Werkstofftoleranzen aber auch ggf. durch die Biegung entstandene kleine Fältelungen im Bereich des Rohrinnenbogens auszugleichen, um also auf jeden Fall Bauteile großer Fertigungsidentität herstellen zu können, wird der an sich genügende Umformungsdruck um z. B. 150 Bar auf 1500 Bar erhöht.

Sobald der Maximaldruck von 1500 Bar erreicht ist, wird der Druck abgeschaltet und schlagartig auf atmosphärischen Druck umgeschaltet, was sich gemäß Fig. 10 in einem nahezu senkrechten Druckabfall bemerkbar macht. Der Umformungsvorgang beträgt unter Einbeziehung der Fülldruckphase insgesamt etwa 1–2,5 s.

Die Umformung des 90°-Bogens entsprechend den Fig. 7–9 erfolgt praktisch analog zur Umformung gemäß den Fig. 4–6, mit dem Unterschied, daß gemäß Fig. 8 (abweichend zu Fig. 5) bereits die kegelstumpfförmigen Aufwölbungen 44 entstanden sind. Durch Streckverformung des Verdickungsbereichs 45 entsteht an der Stelle 49 der Rohrwand 47 gemäß Fig. 9 nahezu ein Nullradius. Dieser beinahe Nullradius entspricht dem Gravurverlauf bei 20 B.

In den Fig. 7–9 sind analog zu den Fig. 4–6 ebenfalls die mit IVa–IVa, Va–Va und VIa–VIa bezeichneten Schnittlinien eingetragen, so daß grundsätzlich auch für die Darstellungen gemäß den Fig. 7–9 – bis auf maßstäbliche Unterschiede – im wesentlichen die Querschnitte entsprechend den Fig. 4a, 5a und 6a gelten. Auch die Verformungswege F und G entsprechend den Verformungsweg-Richtungen A und B gelten analog für das Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 7–9.

Auch der 90°-Krümmer gemäß Fig. 7 wurde mit einem mechanischen Rohrbiegewerkzeug vorgebildet. Eine längsnutartige Einfallstelle 48 ist aus Fig. 7 ersichtlich.

Desgleichen gilt analog für das Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 7–9 der in den Fig. 10 und 11 dargestellte zeitliche Druckverlauf bei der Umformung.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum hydrostatischen Umformen von Hohlkörpern aus kaltumformbarem Metall innerhalb einer Formhöhlung eines Gesenks, wobei Druckflüssigkeit von außen in den Hohlkörper eingespeist und hierbei in einem Verformungsbereich des Hohlkörpers die Hohlkörperwand unter Relativbewegung zur Formhöhlung an deren Gravur angedrückt wird und wobei der Hohlkörper außerhalb des Verformungsbereichs an mindestens einem Haltebereich gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (21) an jedem Haltebereich (26) im wesentlichen axialkraftfrei schwimmend gehalten und die Hohlkörperwand (47) nur durch die Druckflüssigkeit relativ zum Gesenk (16) bewegt, insbesondere in dieses hineingezogen, wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an den Stellen (45), an denen eine hydrostatische Umformung, z. B. eine Verdünnung, der Hohlkörperwand (47) erzeugt werden soll, gezielt ein Abstand (G) zwischen der Außenfläche der Hohlkörperwand (47) und der Innenfläche (z. B. 20 B) der Gravur (20) belassen wird, wobei der Abstand (G) im wesentlichen proportional dem zu erzielenden Umformungsgrad bemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß an mindestens einem ausgewählten Bereich des Hohlkörpers (21) vor dessen hydrostatischer Umformung eine Einfallstelle (48) seiner Hohlkörperwand (47) erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung eines gekrümmten Verlaufs des Hohlkörpers (21) dieser vor der hydrostatischen Umformung zunächst unter Anwendung mechanischer Kräfte, insbesondere äußerer mechanischer Kräfte, z. B. gekrümmmt, gebogen od. dgl. wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlkörper (21) in mehreren aufeinanderfolgend ansteigenden Druckbereichen bzw. Druckstufen der Druckflüssigkeit hydrostatisch umgeformt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergang von einem Druckbereich bzw. von einer Druckstufe zur nächst höheren in unmittelbarer zeitlicher Aufeinanderfolge im wesentlichen übergangslos gleitend durchgeführt und daß diese hydrostatische Umformung in demselben Gesenk (16) vorgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß vor Beginn der hydrostatischen Umformung die Druckflüssigkeit zunächst mit einem Fülldruck in den Hohlkörper (21) hineingegeben und sodann eine Erhöhung des Flüssigkeitsdrucks auf einen Umformungsdruck erfolgt, dessen maximale Druckhöhe ein Vielfaches der maximalen Fülldruck-Höhe beträgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe des Umformungsdrucks etwa das 30- bis 50-fache der Höhe des Fülldrucks beträgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch ge-

kennzeichnet, daß der zur hydrostatischen Umformung eines Hohlkörpers (21) erforderliche Umformungsdruck durch einen Zusatzdruck erhöht ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 – 9, dadurch gekennzeichnet, daß während der hydrostatischen Umformung die zuvor im Hohlkörper (21) befindliche Luft zugleich mittels der Druckflüssigkeit komprimiert wird, daß nach abgeschlossener hydrostatischer Umformung die Druckversorgung für die Druckflüssigkeit abgeschaltet wird, worauf die komprimierte Luft entspannt und dadurch die Druckflüssigkeit aus dem Hohlkörper (21) hinausgedrängt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 – 10, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrostatische 15 Umformung des Hohlkörpers (21) in mehreren unterschiedlichen Gesenken (16) vorgenommen wird, in denen die jeweilige hydrostatische Umformung über mindestens einen Druckbereich oder über mindestens eine Druckstufe der Druckflüssigkeit 20 erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 – 11, dadurch gekennzeichnet, daß nach jeder abgeschlossenen hydrostatischen Umformungsstufe, z. B. innerhalb eines gesonderten Gesenks (16), vor 25 der nachfolgenden gesonderten hydrostatischen Umformung im nächsten Gesenk (16) eine Rekristallisation des Hohlkörpers (21) durch Normalglühen erfolgt.

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens 30 nach einem der Ansprüche 1 – 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Haltebereich (26) des innerhalb des Gesenks (16) aufgenommenen Hohlkörpers (21) von einer Muffe (24) druckdicht mit Schiebesitz umgriffen ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Muffe (24) bezüglich des Hohlkörpers (21) relativbeweglich, insbesondere translatorisch beweglich, angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder Anspruch 40  
14, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckflüssigkeit durch mindestens eine Muffe (24) hindurch in den Hohlkörper (21) eingeleitet wird.

16. Vorrichtung nach den Ansprüchen 13 – 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Muffe (24) mindestens eine den Haltebereich (26) des Hohlkörpers 45 (21) umgreifende, sich unter der Wirkung der Druckflüssigkeit um den Hohlkörper (21) verspannende Dichtungsmanschette, wie Nutringmanschette (27) od. dgl. enthält.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 – 16, dadurch gekennzeichnet, daß bei zwei hohlkörperseitigen Haltebereichen (26) jedem Haltebereich (26) eine Muffe (24) mit Druckflüssigkeit-Einleitung 50 zugeordnet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 – 16, dadurch gekennzeichnet, daß bei zwei hohlkörperseitigen Haltebereichen (26) dem einen Haltebereich (26) eine Muffe (24) mit Druckflüssigkeitsein- 55 speisung und dem anderen Haltebereich (26) eine Blindmuffe (24) zugeordnet ist.

19. Vorrichtung nach einem Anspruch 13 – 18, dadurch gekennzeichnet, daß jede Muffe (26) eine sich nach außen öffnende kegelstumpfförmige Innenmantelfläche (37) als etwa trichterförmige Einführöffnung (36) für den hohlkörperseitigen Haltebereich (26) aufweist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Einführöffnung (36) Bestandteil einer einen Muffenkörper (32) übergreifenden Überwurfmutter (35) bildet.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 – 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtungsmanschette (24) innen zwischen der Überwurfmutter (35) und dem Muffenkörper (32) gehalten ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

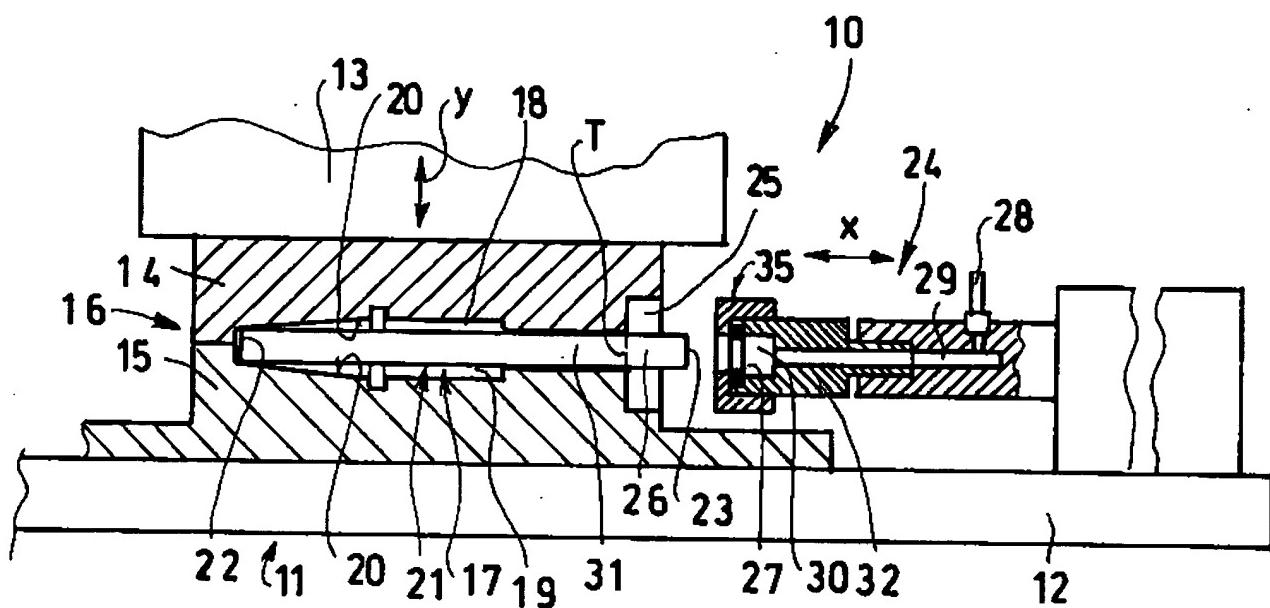


FIG. 1

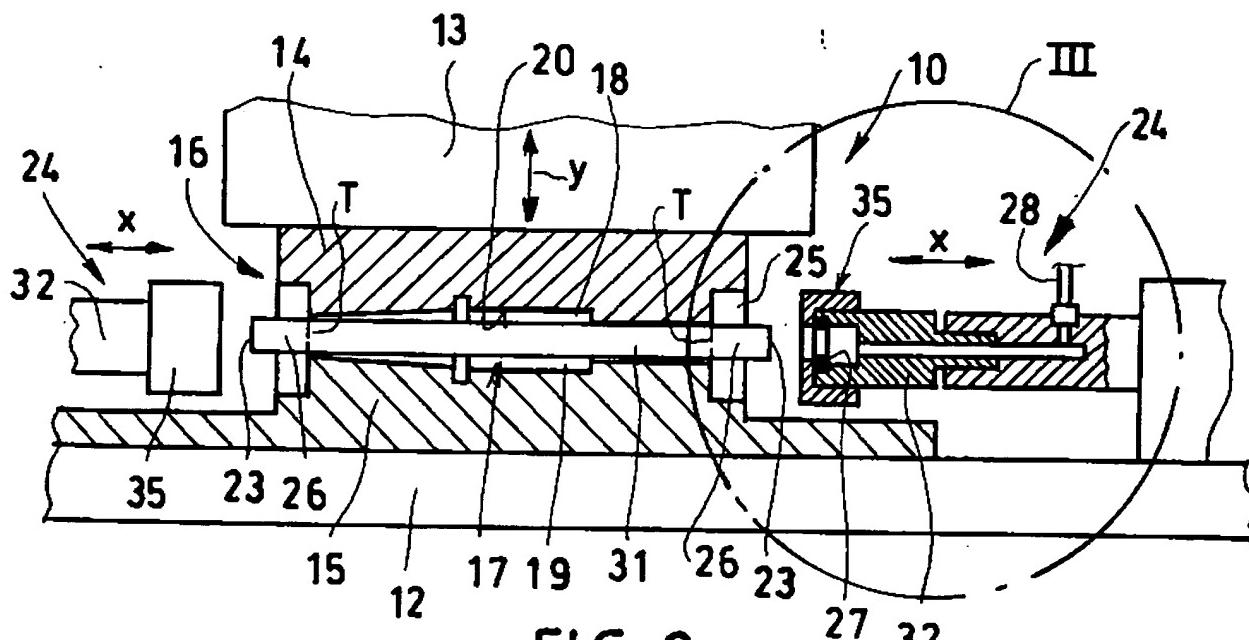


FIG. 2

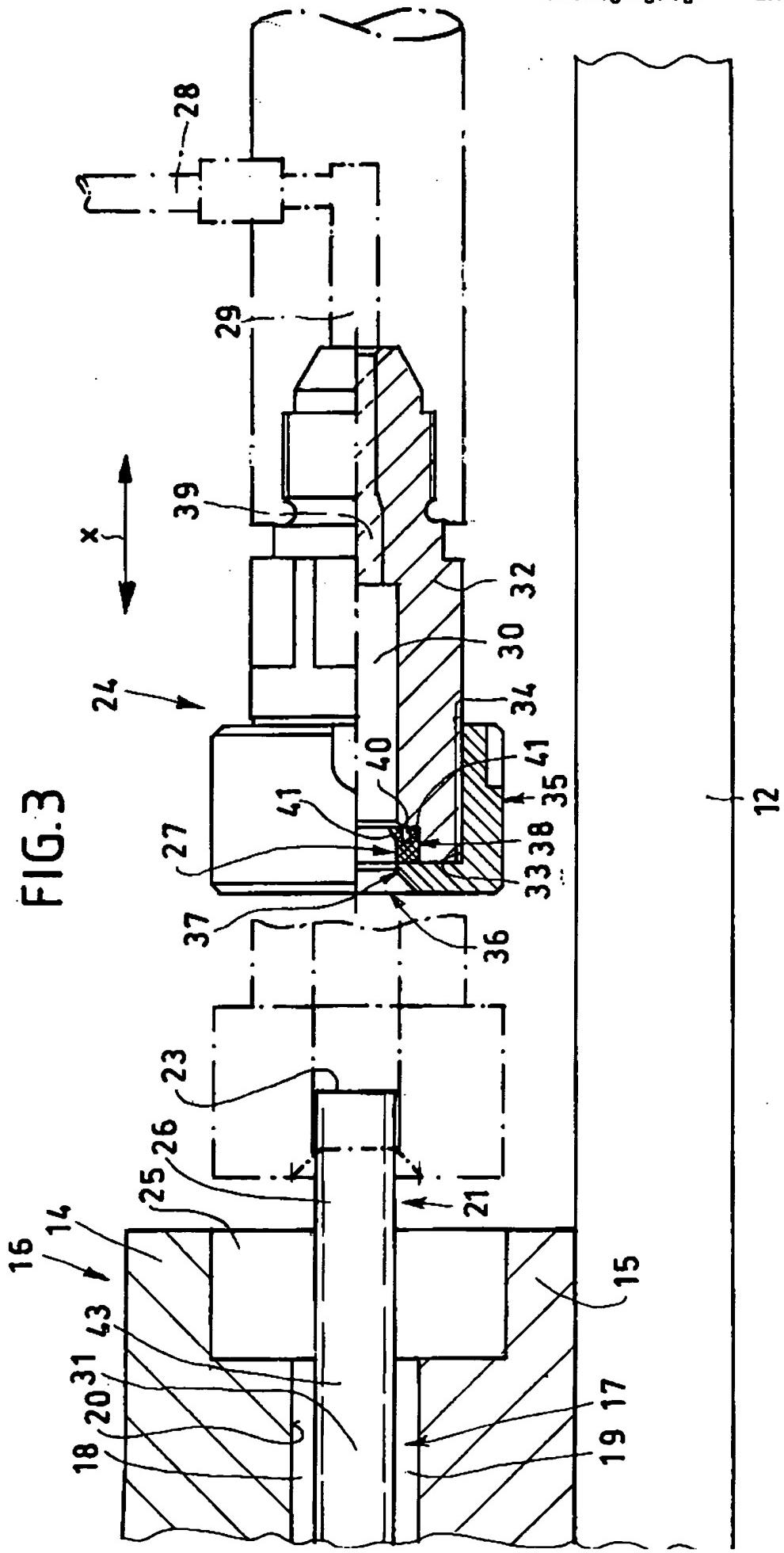
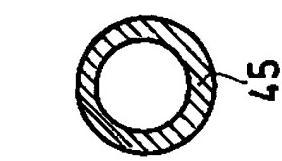
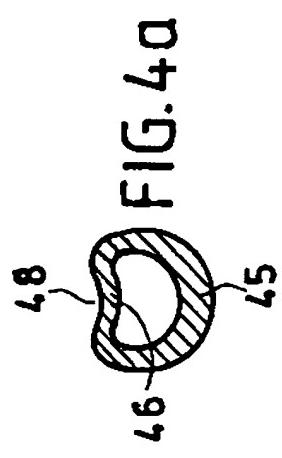
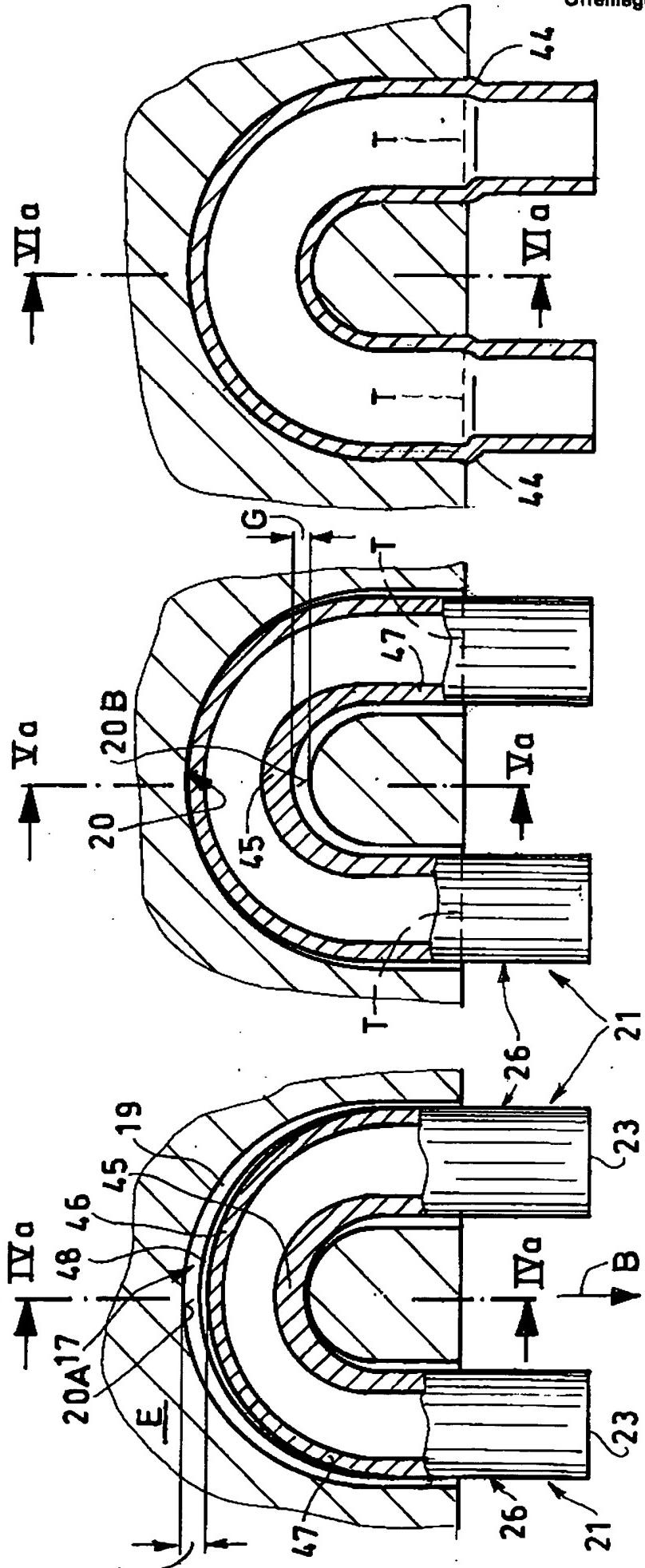


FIG. 5

FIG. 4

FIG. 6



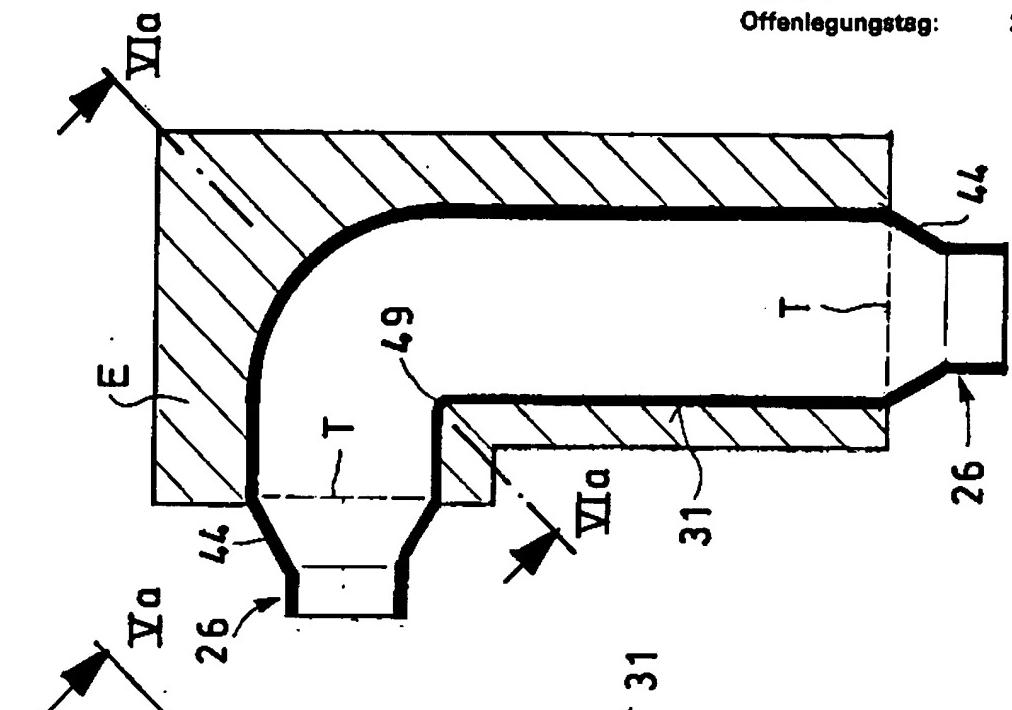


FIG. 9

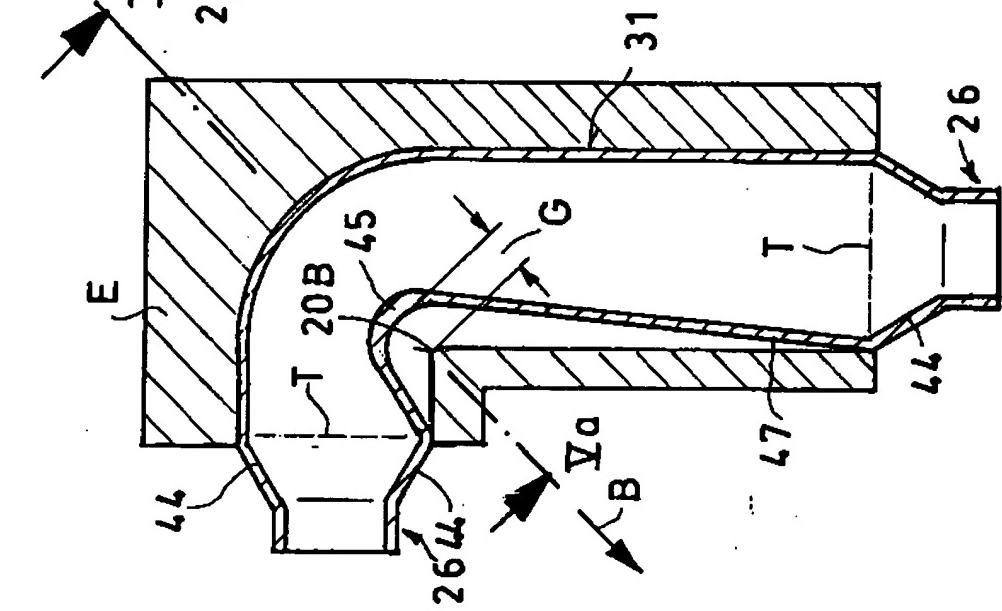


FIG. 8

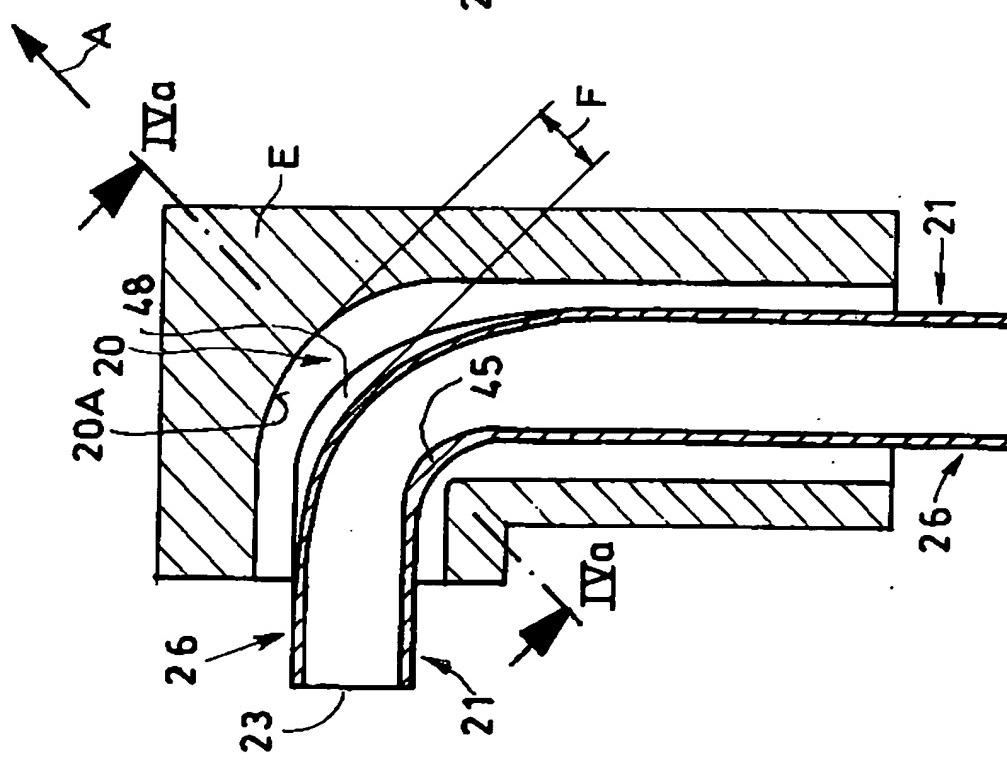
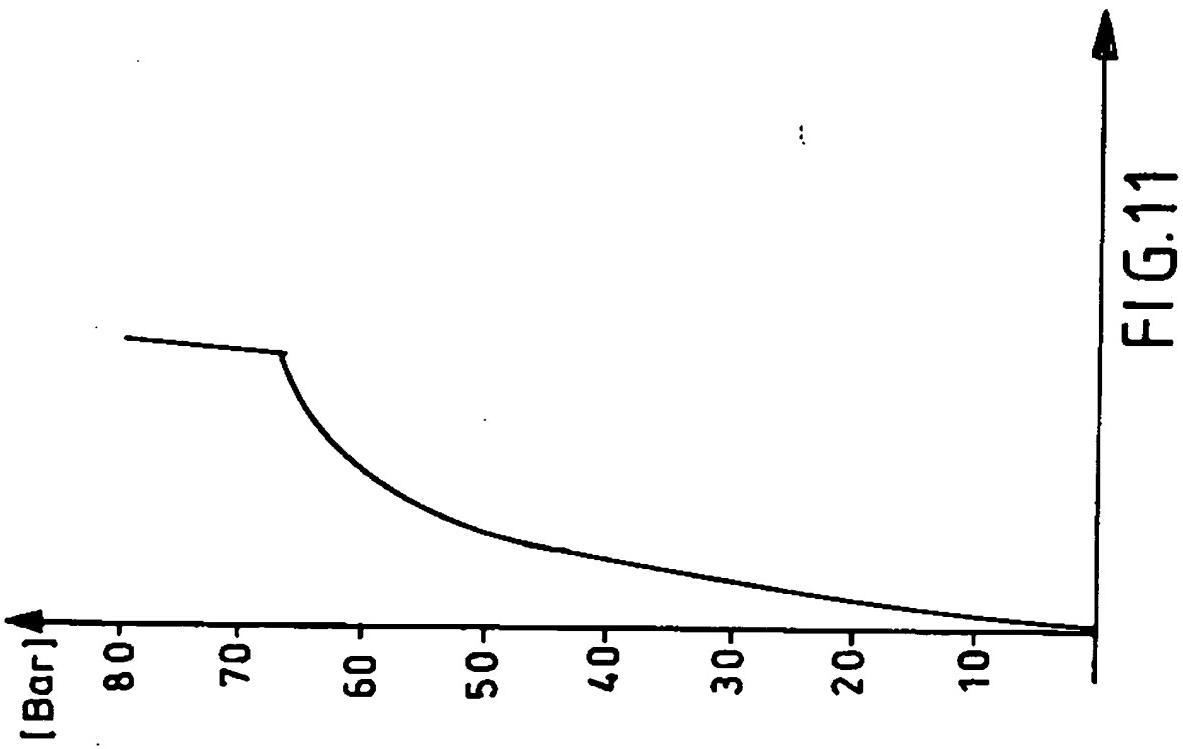
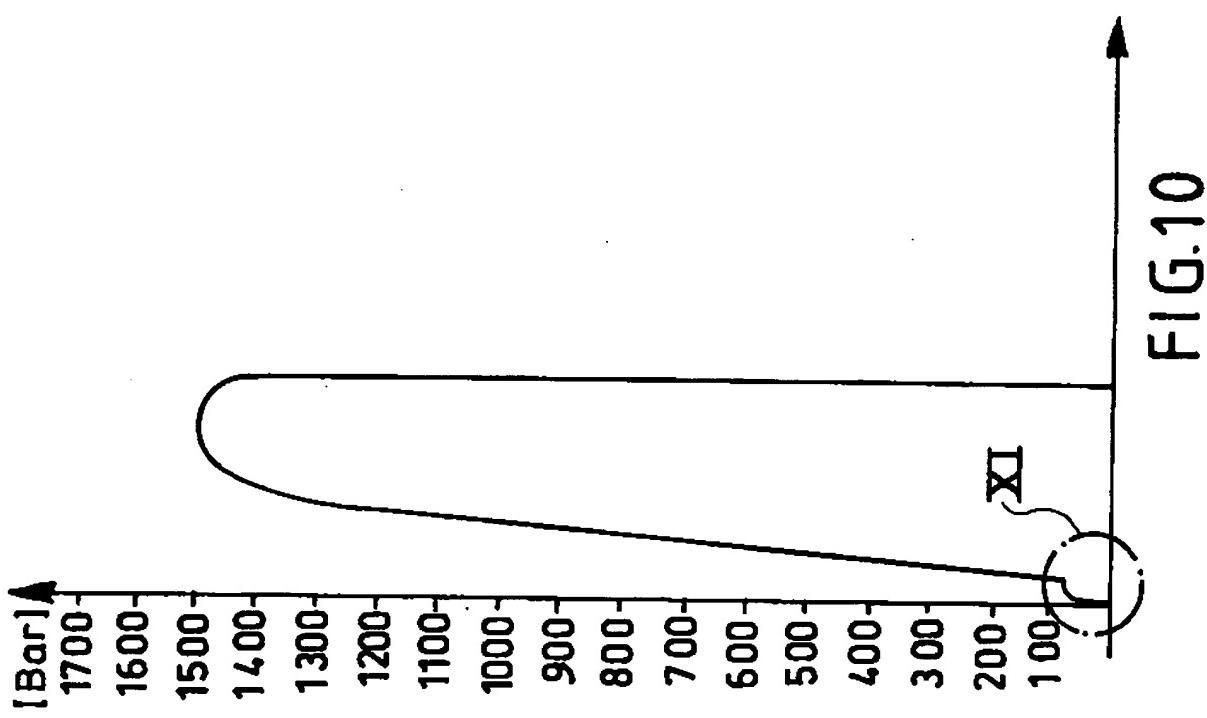


FIG. 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADING TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**